

赤外線応力計測に基づく鋼・コンクリート合成床板におけるスタッドの疲労損傷評価

滋賀県立大学 正会員 ○和泉 遊以 神戸大学 正会員 阪上 隆英
 川田工業株式会社 正会員 水野 浩 大阪工業大学 フェロー 松井 繁之
 岩手大学 正会員 大西 弘志 川田工業株式会社 正会員 街道 浩

1. 目的

ロビンソン型の鋼・コンクリート合成床版（以下合成床版と略する）は、鋼板とコンクリートを鋼板に溶接したスタッドにより合成した床版形式である。松井・文らの研究⁽¹⁾より、図1に示すように輪荷重の繰返し载荷によりスタッドが回転せん断力を受け、一定方向せん断力に比較して早期に疲労破断することが明らかにされている。しかし、供用中の合成床版のスタッド疲労損傷を非破壊的に検出・評価する手法は未だ確立されていない。本研究では、赤外線応力測定法に基づき供用中合成床版のスタッド疲労損傷を検出・評価する新たな手法を提案する。合成床版を用いた輪荷重走行試験中に赤外線応力計測を実施し、本手法の有用性および適用性に関する基礎的検討を行う。

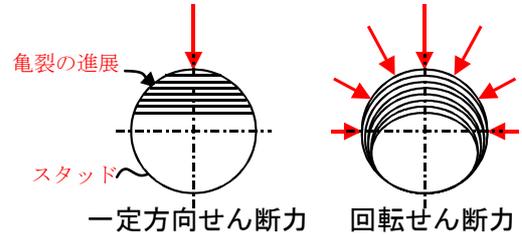


図1 スタッドに作用する回転せん断力

2. 赤外線応力測定法とその高精度化技術

赤外線応力測定によれば、動的荷重下の応力変動に伴う温度変動を赤外線カメラで計測することにより、材料表面における主応力和分布の変化を得ることができる。しかしながら、赤外線応力測定により得られる温度変動は微小であり、応力変動による温度変動は計測ノイズと同程度となる場合がある。赤外線応力測定の高精度化技術の1つとして、赤外線計測データと応力変動に関する参照信号とのロックイン相関処理を行うことによりS/N比を改善する手法がある。自己相関ロックイン法では、赤外線計測画像内の一部領域の温度変動データから参照信号を自己生成し、全領域の温度変動データとロックイン相関処理を行う。これにより外部からの参照信号を用いることなく、任意荷重の下での相対応力分布を高精度に求めることができる。

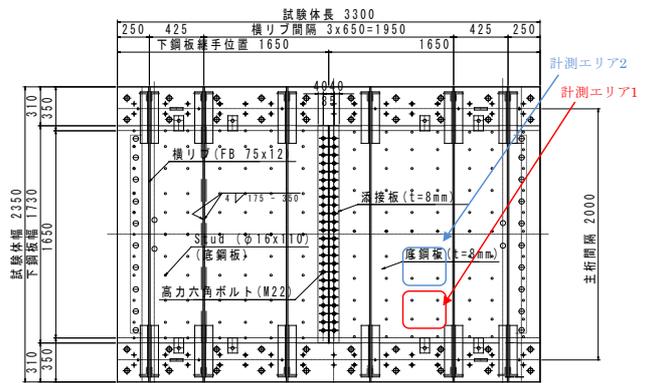


図2 合成床版試験体の概要

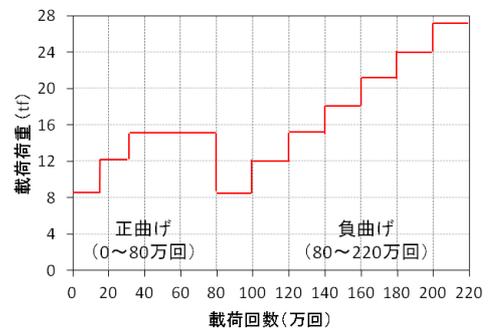


図3 载荷回数と载荷荷重の関係

3. 実験方法および結果

図2に示す合成床版試験体を用いて、輪荷重走行試験機による疲労試験を実施した。試験体の底鋼板厚さは8mm、スタッド直径は16mm、コンクリート厚は150mmである。载荷荷重は図3に示すように階段状に変化させた。合成床版は、輪荷重载荷を繰返し受けると次第に鋼とコンクリートの接着が不十分な状態となり、コンクリートがひび割れ、スタッドには輪荷重载荷に伴うせん断力が働き、疲労亀裂が発生・進展する。そこで、疲労試験中に定期的に赤外線計測を実施し、底鋼板下面の応力分布の変化を観察した。赤外線応力測定には、温度分解能0.025°CのTitanium530Lを用いた。繰返し载荷による測定面の応力変動に伴う温度変動を、撮影速度157Hzで2000フレームの赤外線画像として計測した。得られた300フレーム分の時系列赤外線データに対して自己相関ロックイン処理を施し、測定面における相対応力分布を求めた。载荷回数85万回（载荷荷重8.5tf）および205万回（载荷回数27.0tf）における自己相関ロックイン計測結果を、図4および図5にそれぞれ示す。計測エリアは図2に示した通りである。自己相関ロックイン処理に用いる参照信号はそれぞれ画像中央部から取得しており、図のコントラストは参照信号取得点に対する相対的な応力分布を示している。図4

キーワード 赤外線応力測定法, 自己相関ロックイン法, 合成床版, スタッド, 疲労

連絡先 〒522-8533 滋賀県彦根市八坂町 2500 滋賀県立大学 TEL0749-28-8379

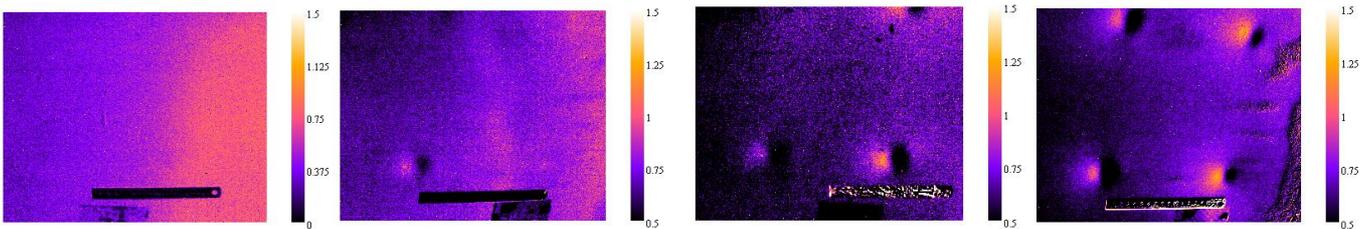
に示した载荷回数 85 万回では、計測視野に存在する 7つのスタッドの内、1つのスタッドにおいて、せん断による特徴的な応力分布が計測されている。また、図 5 に示した载荷回数 205 万回では、視野内に収まっている全てのスタッドにおいて、同様の特徴的な応力分布がみられる。輪荷重载荷時の底鋼板下面のスタッド周辺における局部応力を、赤外線応力測定法により検出可能であることがわかった。

次に、底鋼板下面のスタッド周辺で生じる応力分布挙動について考察する。図 5 に示した計測エリア 2 の右下のスタッドに注目し、輪荷重载荷時の応力分布変化に伴う温度分布の変化を観察した。結果を図 6 に示す。図には、温度変動波形を併せて示している。図 6 の温度分布において、スタッド中央部を境に温度（応力）の反転がみられ、またそれは時間の経過とともに回転しているようにみられた。この応力分布の挙動は、輪荷重载荷によりスタッドに対してせん断力が作用し、また輪の移動に従ってせん断力の方向が変化した結果であり、松井・文らの既往研究⁽¹⁾の結果と一致する。本手法により、スタッド周辺で発生する応力分布の可視化が可能であること、またそれに基づき応力の定量評価が可能であることが示された。

4. まとめ

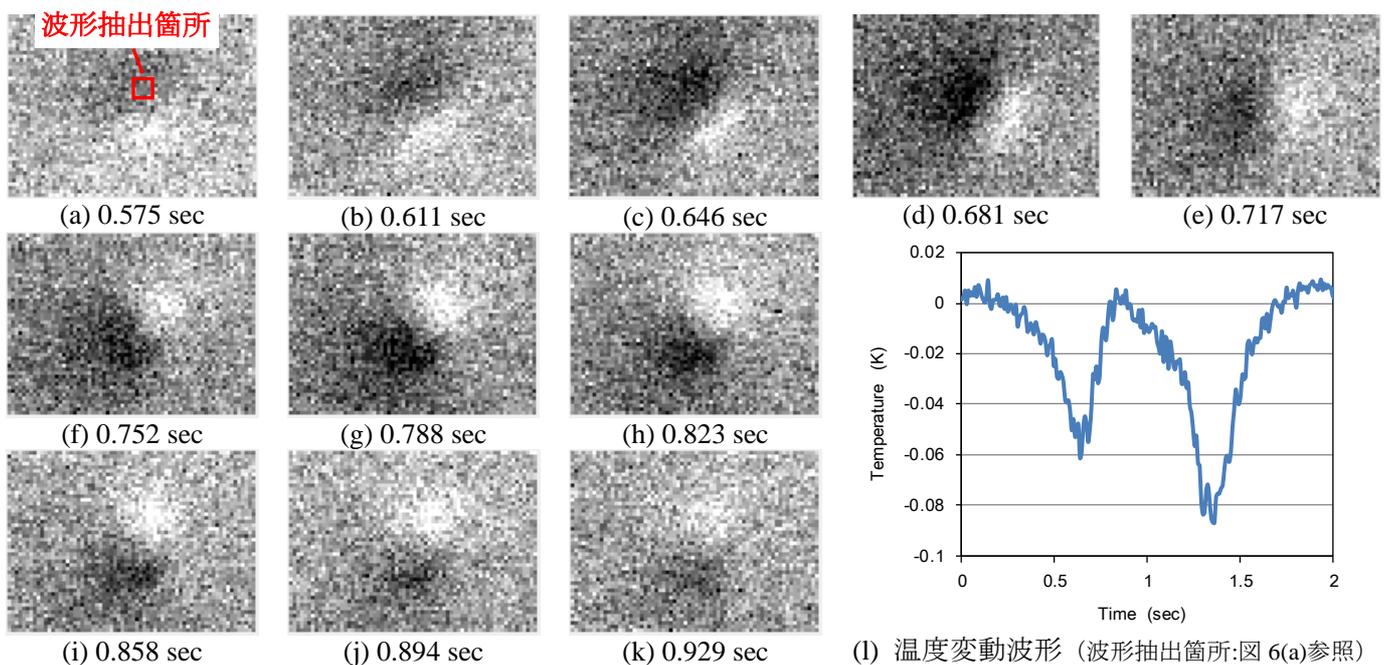
本研究では、ロビンソン型合成床版を用いた輪荷重走行試験中に赤外線応力測定を実施し、本手法によるスタッド疲労損傷の検出・評価法に関する基礎的検討を行った。その結果、赤外線応力測定法により、スタッド周辺の応力分布の可視化が可能であること、またそれに基づき応力の定量評価が可能であることが示され、本評価法の有用性が明らかになった。今後は、赤外線応力計測結果と FEM 解析結果との比較を行うこと、ならびにスタッドにおける疲労損傷の程度の赤外線応力計測結果の関係を明確にすることを課題として取り組む。

文献 (1) 松井繁之, 文兌景, 福本倬士, 鋼板・コンクリート合成床版中のスタッドの疲労破壊性状について, 構造工学論文集, Vol.39A, 土木学会, pp.1303-1311, 1993



(a) 計測エリア 1 (b) 計測エリア 2
図 4 载荷回数 85 万回 (载荷荷重 8.5tf)

(a) 計測エリア 1 (b) 計測エリア 2
図 5 载荷回数 205 万回 (载荷荷重 27.0tf)



(l) 温度変動波形 (波形抽出箇所:図 6(a)参照)
図 6 計測エリア 2 の右下スタッド周辺 (図 4(b)参照) の温度分布変化 (白: 高温部) と温度変動波形